

Retrofit do sistema de ar condicionado em edifício escolar em Cuiabá-MT como contribuição para redução do consumo de energia e das emissões de CO₂

Retrofit of the air conditioning system in a school building in Cuiabá-MT as support to reducing energy consumption and CO₂ emissions

Adriana Fatima Dussel dos Santos, Mestranda, Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG).

adriana.santos@univag.edu.br

Maíra Vieira Dias, Doutora, Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG).

maira.dias@univag.edu.br

Resumo

O uso indiscriminado de aparelhos de ar condicionado para proporcionar o conforto térmico aos usuários contribui para o aumento do consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, das emissões de CO₂. Este trabalho teve como objetivo analisar o potencial de redução nas emissões de CO₂ através da eficiência do sistema de condicionamento de ar no Bloco Infantil da Escola Presbiteriana de Cuiabá (EPC), em Cuiabá-MT, pela INI-C. Para tanto, foi verificada a classificação energética do sistema de condicionamento de ar para a condição real da escola, através da INI-C. Na seqüência, foi realizada a troca dos aparelhos de ar condicionado e para esta condição hipotética foi analisada a classificação energética do sistema e a emissão de CO₂. A troca dos equipamentos possibilitou a obtenção da classe “B” de eficiência energética, com um decréscimo de 67,3% na carga instalada, e a redução de 3,98 tCO₂/ano nas emissões de CO₂.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Sustentabilidade; Aquecimento Global

9

Abstract

The indiscriminate use of air conditioners to provide thermal comfort to the users contributes to increased electricity consumption and, consequently, CO₂ emissions. This work aimed to analyze the potential for reducing CO₂ emissions, through the efficiency of the air conditioning system in the Children's Block of Presbyterian School of Cuiabá (EPC), in Cuiabá-MT, by INI-C. For this purpose, was verified the energy classification of the air conditioning system for the actual condition of the school, by INI-C. Afterward, there was an exchange of air conditioners. For this hypothetical condition, the energy classification of the system was verified, as well as the CO₂ emission. The replacement of air conditioners made it possible to obtain the “B” class of energy efficiency, with a decrease of 67.3% in the installed load. The reduction in CO₂ emissions was 3.98 tCO₂/year.

Keywords: *Energy Efficiency; Sustainability; Global Warming*

1. Introdução

A matriz elétrica nacional no ano de 2019 foi predominantemente baseada em uma fonte de energia renovável, sendo o setor hídrico (EPE, 2020) responsável pela geração de 63,1% da energia elétrica gerada no país. Entretanto, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o ano de 2021 foi marcado pela maior crise hídrica desde 1931, devido à escassez quantitativa dos recursos hídricos na Região Hidrográfica do Paraná (BRASIL, 2021b). As baixas médias pluviométricas registradas no país, somadas ao fato desta região responder por mais de 50% da capacidade de armazenamento de água para geração hidrelétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), levou à crise de energia elétrica.

Ao analisar as origens da crise energética no Brasil, Borges (2021) constatou a falta de planejamento estratégico para o setor elétrico e uma dependência excessiva da fonte hídrica para geração de eletricidade. Tal fato leva ao aumento das tarifas de energia elétrica, ao racionamento e à utilização de termelétricas, que consomem grande quantidade de combustíveis fósseis e aumentam a emissão de gases do efeito estufa (GEE). Nesse sentido, a eficiência das cargas elétricas é necessária para se alcançar as metas propostas no Plano Nacional de Eficiência, que almeja economizar 10% no consumo desse bem até 2030 (EPE, 2020).

O Acordo de Paris, firmado na 21ª Conferência das Partes (COP21) em Paris em 2015 e em vigor desde 2016, tem como objetivo central reduzir emissões de GEE e limitar o aumento da temperatura média global em 1,5°C (UNFCCC, 2016). Em suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC), o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis registrados em 2005 até o ano de 2025 e em 43% até 2030. Isso seria possível com o aumento da participação de bioenergia sustentável na matriz energética, aumento do uso de fontes alternativas de energia, restauro e reflorestamento de áreas desmatadas entre outros (BRASIL, 2015).

Todavia, de acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), nos anos de 2019 e 2020 o Brasil teve um aumento de 9,6% e 9,5%, respectivamente, nas emissões brutas de GEE. Enquanto em 2020 a pandemia causada pelo novo coronavírus (COVID-19) parou a economia mundial e causou uma inédita redução de quase 7% nas emissões globais, o país foi na contramão do resto do mundo e registrou um total de emissões brutas de 2,16 bilhões de toneladas de CO₂, contra 1,97 bilhão de toneladas em 2019. Cabe ainda destacar que o registro de 2020 é o maior desde o ano de 2006 (SEEG, 2020, 2021).

Em 2019, os edifícios residenciais, comerciais e públicos foram responsáveis por 50% do consumo de eletricidade no Brasil, indicando que o setor de edificações seria o segmento com maior potencial para a economia de energia (EPE, 2020). O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2030 estabelece que para um cenário de 10 anos, as edificações (setores de serviços e residencial) devem contribuir com cerca de 60% dos ganhos totais de eficiência elétrica (BRASIL, 2021a).

Visando alcançar as metas de eficiência e contribuir para a redução das emissões de CO₂ desta classe de consumo, as normativas têm sido aprimoradas. Em fevereiro de 2021 foi aprovada a Instrução Normativa Inmetro (INI) para a Classe de Eficiência Energética de

Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) (INMETRO, 2021a), que tem como objetivo aperfeiçoar o Requisito Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) até então em vigor.

Antecipando a aprovação da INI-C, o INMETRO outorgou a Portaria nº 234, de 29 de junho de 2020, para o aperfeiçoamento parcial dos Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) para Condicionadores de Ar, estabelecendo o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) e a reclassificação das categorias de eficiência energética (INMETRO, 2020). A classe “A” de eficiência energética, que atualmente é equivalente a 3,23 W/W, deverá ser correspondente a 5,5 W/W e os fabricantes terão até dezembro de 2022 para se ajustarem aos novos critérios (INMETRO, 2020).

Essas mudanças buscam mitigar o consumo de energia elétrica destes equipamentos, pois existe ainda o desperdício de energia relacionado ao alto consumo de ares condicionados de baixa eficiência, instalados em ambientes construídos com materiais inadequados para a realidade local, com pouco isolamento térmico e sem sombreamento. Ou seja, a falta de reflexão sobre as questões projetuais associadas ao clima acarretam no uso da energia elétrica para o resfriamento artificial e obtenção do conforto do usuário. Vale ressaltar que o uso indiscriminado do condicionamento artificial do ar também está relacionado à formação das ilhas de calor, que são caracterizadas pelo aumento da temperatura do ar, provocado pelo adensamento excessivo dos centros urbanos, em relação à temperatura do entorno não urbanizado da cidade (LAMBERTS; CLETO, 2018).

A região da Amazônia Legal, que engloba os biomas Amazônia, Cerrado e parte do Pantanal do Mato Grosso, detém parte considerável dos recursos naturais globais, com papel fundamental no ciclo do carbono e na regulação do clima global (ASSAD, 2016). Segundo o novo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas Globais (IPCC), caso não haja diminuição nas emissões de GEE nos próximos anos, o aquecimento global provocará o aumento generalizado da temperatura em todo o país. A previsão é de que a região Centro-Oeste registre o maior aumento na temperatura, bem como uma elevação na frequência e na intensidade das ondas de calor, a exemplo do que ocorre no Leste da Amazônia e na região Nordeste. Em relação ao regime de chuvas, a região central do país e o Leste da Amazônia se tornarão mais secas, com queda de 10% a 20% na precipitação (MASSON-DELMOTTE et al., 2021).

Da Guarda, Durante e Callejas (2018) preveem um aumento da temperatura de 13,85% e uma redução da umidade relativa do ar de 14,4% para a cidade de Cuiabá-MT até o ano de 2050. A média anual da umidade relativa do ar é hoje de 70,63% e para 2050 esse valor deverá reduzir para 60,41%. Cuiabá-MT é conhecida como uma das cidades mais quentes do país e com pouca ventilação. Os ventos fracos predominantes aliados ao clima quente são ineficientes para amenizar o desconforto térmico. O período de transição entre o inverno e a primavera é marcado pelas altas temperaturas associadas a índices desérticos de umidade relativa do ar e pelas ocorrências de queimadas (TEOBALDO, 2019).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar o potencial de redução nas emissões de CO₂ através da efficientização do sistema de condicionamento de ar no Bloco Infantil da Escola Presbiteriana de Cuiabá (EPC), em Cuiabá-MT, pela INI-C. Além da alta demanda pela utilização de aparelhos condicionadores de ar na escola, antes da pandemia a EPC vinha apresentando constantes queimas nesses equipamentos e reclamações de desconforto térmico, o que se repetiu com o retorno presencial em 2021.

2. Caracterização do objeto de estudo

A EPC foi construída ao longo da década de 1980 e fundada em 1992. O Bloco Infantil (em destaque na cor amarela na Figura 1a) foi construído em 2016, possui 520 m² e tem capacidade para atender 180 crianças de 02 a 07 anos, funcionando nos períodos matutino e vespertino (Figura 1b).



Figura 1a: Implantação da EPC - em destaque o Bloco Infantil. Figura 1b: Bloco Infantil. Fonte: elaborado pelos autores.

A escola está localizada no centro urbano comercial de Cuiabá, a três quarteirões de distância das margens do córrego Prainha, atualmente canalizado e transformado na Av. Tenente Coronel Duarte. Este é o local de menor altitude da região urbana e uma das regiões mais quentes da cidade. Além do adensamento excessivo do centro urbano, Cuiabá vem registrando as mais altas temperaturas, sendo que no dia 30 de setembro de 2020 registrou 43,7°C em sua estação meteorológica, sendo essa a temperatura mais alta dos últimos 108 anos, desde que o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) faz essa medição (INMET, 2021). Esse registro é realizado na sombra, com os termômetros inseridos em abrigos de madeira pintada na cor branca. Como os termômetros de rua estão expostos à radiação solar direta, as temperaturas registradas por esses equipamentos são mais altas.

Outro fator agravante em relação à localização da EPC foi a retirada de cerca de 1.330 indivíduos arbóreos dos canteiros centrais das avenidas principais do centro da cidade para a implantação do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) para a Copa do Mundo em 2014, o que contribuiu para o aumento da temperatura na região (LATORRACA NETTO; UGEDA JÚNIOR, 2020).

3. Metodologia

A análise do potencial de redução nas emissões de CO₂ através da efficientização do sistema de condicionamento de ar no Bloco Infantil da EPC pela INI-C foi realizada com base no método simplificado da norma. Como a EPC não possui aberturas zenitais, vidro em frente das paredes da fachada, fachadas ventiladas, ambientes de elevada geração de carga interna, dispositivos móveis de sombreamento interno automatizados e vidros com comportamento dinâmico, a INI-C (INMETRO, 2021a) determina que não há necessidade de simulações termo energéticas. Desta forma, a edificação foi avaliada sob duas condições: a condição real, com as características atuais da edificação; e a condição de referência, com as características pré-definidas pela INI-C, considerando a classe “D” de eficiência energética (INMETRO, 2021a).

3.1. Verificação da elegibilidade para a classificação “A” do Bloco Infantil em sua condição real

Para a obtenção da classificação “A” do sistema de condicionamento de ar conforme a INI-C, dois critérios devem ser atendidos: i) Condições específicas por equipamento e ii) Critérios específicos por sistema. O primeiro critério compreende o sistema de condicionamento de ar do tipo *Split* menor que 19 kW, no qual todos os ares deverão ser *Split* e unitários, com eficiência mínima e com valor do Coeficiente Sazonal de Performance (SCOP) equivalente a 4,1. O segundo critério determina que o sistema de condicionamento de ar deverá atender ao requisito do isolamento térmico de tubulações para a condução de fluidos (INMETRO, 2021a).

Os dados das tubulações do Bloco Infantil foram levantados junto à empresa que realiza a instalação e a manutenção do sistema de refrigeração na EPC. Como as secções das tubulações variam de 12,7 mm a 16 mm, tal requisito foi atendido.

3.2. Levantamento *in loco* da carga para a climatização e classificação pela INI-C

O Bloco Infantil possui 10 aparelhos condicionadores de ar que são menores ou iguais a 10,55 kW, do tipo *Split* e unitários. Destes aparelhos, 80% são da classe “D” do Selo Procel e 20% são da classe “A”, com carga instalada para refrigeração de 86.706 W em um total de 318.000 BTU/h.

Após o levantamento *in loco* da carga para a climatização foi realizada a classificação do sistema de condicionamento de ar da condição atual do Bloco Infantil pela INI-C. Para isto, o Coeficiente de Performance para Refrigeração do aparelho de Condicionamento de ar (COPR) foi obtido junto ao fabricante e o Coeficiente de Eficiência Energética do Condicionamento de ar (CEER) foi calculado através da Equação 1 (INMETRO, 2021a).

$$CEER = 1,062 \times COPR \quad (1)$$

Sendo:

CEER - coeficiente de eficiência energética do condicionamento de ar;

COPR - coeficiente de performance para refrigeração do aparelho de condicionamento de ar.

Através da Equação 2 (INMETRO, 2021a) foi possível obter o percentual de redução do consumo de refrigeração (RedCR).

$$RedCR = ((CR,ref - CR,real) / CR,ref).100 \quad (2)$$

Sendo:

$RedCR$ - percentual de redução do consumo de refrigeração (%);

CR,ref - consumo de refrigeração da edificação na sua condição de referência (kWh/ano);

$CR,real$ - consumo de refrigeração da edificação real (kWh/ano).

A classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar baseia-se no $RedCR$ e no grupo climático. Logo, foi considerada a classificação das zonas bioclimáticas proposta por Roriz (2014), na qual a cidade de Cuiabá pertence ao Grupo 24. Nessa classificação, o Grupo 1 representa a zona climática mais fria e o Grupo 24 a mais quente.

3.3. Condição hipotética: troca dos equipamentos de ares condicionados e reclassificação pela INI-C

Foram realizadas pesquisas em catálogos de fabricantes de condicionadores de ar do tipo *Split* com inverter, com capacidade de refrigeração equivalente a 36.000 BTU/h, mas com potência de consumo energético menor que a encontrada nos aparelhos em uso na EPC e com maior eficiência. Como não foram encontrados equipamentos de 36.000 BTU/h com eficiência menor que 3,24W/W, estes foram selecionados para o *retrofit* energético.

Para a reclassificação do sistema de condicionamento de ar da condição hipotética foi necessário determinar o CEER, cuja a avaliação foi realizada com base no *Cooling Seasonal Performance Factor* (CSPF), calculado a partir do clima e em função da temperatura externa de Cuiabá e das horas de operação do sistema, ou seja, foi feito através do CSPF, que foi obtido por meio da *interface web* (LABEEE, 2021). Na sequência, foi obtido o Consumo de Refrigeração da edificação real ($CR,real$) pela equação 3 (INMETRO, 2021a).

$$CR,real = CgTTreal / CEER \quad (3)$$

Sendo:

$CR,real$ - consumo de refrigeração da edificação real (kWh/ano);

$CgTRreal$ - carga térmica total anual (kWh/ano) da edificação real;

$CEER$ - coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar refrigerado.

3.4. Determinação da redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂)

O percentual de redução das emissões de dióxido de carbono (PCO₂) para o Bloco Infantil da EPC foi determinado através da efficientização do sistema de condicionamento de ar, baseando-se na comparação entre as emissões de CO₂ da edificação na sua condição hipotética e na sua condição de referência, equivalente à classe “D”. Assim, o PCO₂ foi obtido através da Equação 4 (INMETRO, 2021a).

$$PCO2 = \left[\frac{ECO2,real}{ECO2,ref} - 1 \right] \times 100 \quad (4)$$

Sendo:

PCO_2 - percentual de redução ou acréscimo de dióxido de carbono (%);

$ECO_2, real$ - emissão total de dióxido de carbono da edificação real (tCO₂/ano);

ECO_2, ref - emissão total de dióxido de carbono da edificação em sua condição de referência (tCO₂/ano).

4. Resultados e discussões

Como mencionado, atualmente Bloco Infantil possui 10 aparelhos de ar condicionado, sendo 8 equipamentos destinados às salas de aula, 1 para a sala dos professores e 1 para a coordenação. Quanto à classificação, 80% são da classe “D” do Selo Procel, do tipo *Split* e unitário, cuja carga instalada para refrigeração é de 86.706 W. Equipamentos de condicionamento de ar de baixa eficiência acarretam no aumento do consumo energético anual e, conseqüentemente, comprometem a classificação energética do sistema. Devido à grande dependência da geração hídrica para suprir os elevados índices de consumo, no período de escassez das chuvas torna-se inevitável o acionamento das usinas térmicas, ocasionando a emissão de maior quantidade de CO₂ para o ambiente. Desta forma, maior a quantidade de GEE emitida, maiores serão os impactos à natureza e à vida humana, pois a alta nas temperaturas e diminuição dos índices de precipitação comprometem a geração hídrica, bem como o conforto e a saúde dos seres humanos.

4.1. Cálculo da eficiência do sistema de condicionamento de ar (condição real)

Para determinar o CEER com base no Coeficiente de Performance para Refrigeração (COP), foi consultada a tabela do equipamento de condicionamento de ar de 2013, disponibilizada pelo INMETRO (2013) (Tabela 1).

Tabela 1: Consumo/eficiência energética de condicionamento de ar.

FORNECEDOR	MARCA	TENSÃO	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO NOMINAL			POTÊNCIA ELÉTRICA CONSUMIDA	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (**)
		V	Btu/h	W	kW (*)	W	W/W		kWh/mês
SPRINGER CARRIER	CARRIER	220	24.000	7.032	7,03	2.650	2,65	D	55,7
SPRINGER CARRIER	CARRIER	220	24.000	7.032	7,03	2.650	2,65	D	55,7
SPRINGER CARRIER	CARRIER	220	30.000	8.790	8,79	3.280	2,68	D	68,9
SPRINGER CARRIER	CARRIER	220	30.000	8.790	8,79	3.280	2,68	D	68,9
SPRINGER CARRIER	CARRIER	220	36.000	10.548	10,55	3.720	2,84	C	78,1
SPRINGER CARRIER	CARRIER	220	36.000	10.548	10,55	3.920	2,69	D	82,3

Fonte: adaptado de INMETRO (2013).

O CEER calculado pela Equação (1) foi de 2,85. O consumo de refrigeração da edificação em sua condição atual (CR, real) foi de 59.412,471 kWh/ano e o consumo de refrigeração da edificação na sua condição de referência (CR, ref.) foi de 72.914,135 kWh/ano. Através dos cálculos foi possível obter o RedCR (Equação 2), cujo resultado foi de 18,5%. Como para o grupo climático 24 esse valor está entre 14 e 29%, a classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar do Bloco Infantil da EPC na sua condição atual foi “C” (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação do sistema de condicionamento de ar da condição real.

Grupo Climático (GC)	Red _{C_R} (%)			
	Classif. A	Classif. B	Classif. C	Classif. D
1a,1b,2,3,5,6,7,9,10	Red _{C_R} > 51	51 ≥ Red _{C_R} > 34	34 ≥ Red _{C_R} > 17	Red _{C_R} ≤ 17
4,8,11,12,13,14,17,21	Red _{C_R} > 48	48 ≥ Red _{C_R} > 32	32 ≥ Red _{C_R} > 16	Red _{C_R} ≤ 16
15,16,18,19,20,22,23,24	Red _{C_R} > 43	43 ≥ Red _{C_R} > 29	29 ≥ Red _{C_R} > 14	Red _{C_R} ≤ 14

Fonte: adaptado de LabEEE, 2021.

Como os limites de classificação variam da classe A à E, e a INI-C determina a classe D como a classificação de referência, o resultado obtido indica que é possível buscar a redução no consumo energético anual com a adoção de estratégias para se obter a classificação A ou B do sistema. Além disso, uma melhor classificação energética colabora para a redução dos índices de CO₂ na atmosfera.

4.2. Cálculo da eficiência do sistema de condicionamento de ar (condição hipotética)

Os dados técnicos dos equipamentos de condicionamento de ar escolhidos para a condição hipotética possuem um consumo de 68,5 kWh/mês, com potência total de 3260 W e COP de 3,24 W/W, sendo este valor atualmente classificado como “A” pela portaria nº 269 do INMETRO (2021b) (Tabela 3a). Com a substituição dos aparelhos da classe “D” por estes equivalentes à classe “A”, foi possível obter uma redução de 67,3% da carga instalada (Tabela 3b).

Tabela 3a: Classificação vigente, INMETRO (2021b). Tabela 3b: Carga dos aparelhos de ar da condição hipotética.

CONDICIONADORES DE AR SPLIT (permitido até 31/12/2022)

CLASSES	Coefficiente de Eficiência Energética - CEE (W/W)
A	≥ 3,23
B	≥ 3,02

a.

Fonte: Autores.

Substituição dos aparelhos condicionadores de ar

Tipo	Classe	BTU/h	Potência (kW)	Classe	BTU/h	Potência (kW)
Split	D	36.000	10,55	A	36.000	3,26
Split	D	36.000	10,55	A	36.000	3,26
Split	D	36.000	10,55	A	36.000	3,26
Split	D	36.000	10,55	A	36.000	3,26
Split	D	36.000	10,55	A	36.000	3,26
Split	D	36.000	10,55	A	36.000	3,26
Split	D	36.000	10,55	A	36.000	3,26
Split	D	36.000	10,55	A	36.000	3,26
Split	A	18.000	1,086	A	18.000	1,086
Split	A	12.000	1,22	A	12.000	1,22
			86,706			28,39

b.

O cálculo do CEER foi realizado pelo CSPF, através da *interface web*, com a inserção do arquivo climático (EPW). A partir de 2023, a eficiência dos aparelhos condicionadores de ar aumentará para 5,5 W/W (INMETRO, 2020), todavia, como ainda não há no mercado um equipamento com este CEER, o aparelho selecionado para a condição hipotética possui um CEER de 3,24 W/W. Logo, o CSPF calculado pela *interface web* foi de 3,95.

Como o RedCr foi de 41% (Equação 2), a classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar da condição hipotética, (Tabela 4) passou para a Classe “B”, ou seja, subiu somente uma categoria.

Tabela 4: Classificação do sistema de condicionamento de ar da condição hipotética.

Grupo Climático (GC)	RedCr (%)			
	Classif. A	Classif. B	Classif. C	Classif. D
1a,1b,2,3,5,6,7,9,10	RedCr > 51	51 ≥ RedCr > 34	34 ≥ RedCr > 17	RedCr ≤ 17
4,8,11,12,13,14,17,21	RedCr > 48	48 ≥ RedCr > 32	32 ≥ RedCr > 16	RedCr ≤ 16
15,16,18,19,20,22,23,24	RedCr > 43	43 ≥ RedCr > 29	29 ≥ RedCr > 14	RedCr ≤ 14

Fonte: adaptado de LabEEE, 2021.

Apesar da classificação do sistema de condicionamento de ar ter avançado apenas uma categoria, houve uma redução de 67,3% na carga instalada (Tabela 3b). O PCO₂ obtido (Equação 4) foi negativo, indicando uma redução de 40% nas emissões de CO₂ em relação à edificação de referência da INI-C (classe “D”) (Tabela 5).

Tabela 5: Percentual de redução da emissão de dióxido de carbono.

Sigla	Valor	Unidade	PCO ₂ = -40,0
feE	0,09	kg.CO2/kWh	
GEE	0	(kWh/ano)	
CEE,real	66393,2963	(kWh/ano)	
CEEref	110589,112	(kWh/ano)	
ECO2,real	5,97539667	tCO2/ano	
ECO2,ref	9,95302004	tCO2/ano	

Fonte: Autores.

Cabe destacar que esses valores são referentes apenas à análise do sistema de condicionamento de ar. Uma avaliação do Bloco Infantil da EPC pela INI-C considerando os demais sistemas pode levar à uma melhoria na classificação energética e uma redução ainda mais significativa na emissão de CO₂.

5. Conclusão

O alto consumo energético, somado à crise hídrica que assola o país, leva à necessidade de acionamento das usinas termelétricas, que aumentam as emissões de CO₂ na atmosfera e contribuem para o aquecimento global. Para limitar os impactos causados pelas mudanças climáticas é essencial que haja uma redução no consumo de energia elétrica para aliviar o sistema elétrico brasileiro. Nesse sentido, é imprescindível a revisão e redefinição na forma como a energia elétrica é usada e produzida, buscando a efficientização dos sistemas e a adoção de práticas sustentáveis.

Com o intuito de intensificar as ações frente à crise energética e buscando um alinhamento com as estratégias globais de sustentabilidade, a nova INI-C permite contabilizar não apenas o consumo de energia, como também quantificar as emissões de CO₂ e o potencial de economia de água potável a partir de sistemas que promovem a redução de seu consumo.

A substituição dos aparelhos de ar condicionado do Bloco Infantil da EPC através da condição hipotética possibilitou a melhoria na classificação energética do sistema (da classe “C” para a classe “B”) e o decréscimo de 67,3% na carga instalada. O potencial de redução nas emissões de CO₂ foi de 40%, o que corresponde a cerca de 3,98 tCO₂/ano. É importante destacar que esses índices são referentes apenas ao Bloco Infantil, que corresponde a cerca de 20% da área construída da escola. Desta forma, pensando na edificação como um todo, essas reduções são ainda mais significativas.

Outro ponto a ser observado é que os cálculos foram realizados considerando o CEER igual a 3,24 W/W e não de 5,5 W/W como proposto na Portaria nº 234 do INMETRO (INMETRO, 2020), uma vez que não foram encontrados equipamentos de condicionamento de ar disponíveis no mercado que atendessem a esse critério. Como os fabricantes têm até dezembro de 2022 para se ajustarem à normativa, entende-se que em uma avaliação posterior, considerando o CEER de 5,5 W/W, será possível obter a classificação “A” de eficiência para o sistema analisado e uma redução ainda maior nas emissões de CO₂.

Referências

ASSAD, E. **Amazônia legal**: propostas para uma exploração agrícola sustentável (Relatório Completo). São Paulo: FGV/EESP, 2016.

BORGES, F. Q. Crise de energia elétrica no Brasil-uma breve reflexão sobre a dinâmica de suas origens e resultados. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v.2, n.10, p.e210809 - e210809, 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Brasília: MME/EPE, 2021a.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris**. Brasília: MME, 2015.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional/Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Resolução ANA nº 77, de 1º de junho de 2021. Declara situação crítica de escassez quantitativa dos recursos hídricos na Região Hidrográfica do Paraná. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n.102-A, p.01, 01 de junho 2021b.

DA GUARDA, E. L. A.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A. Efeitos do Aquecimento global nas estratégias de projeto das edificações por meio de cartas bioclimáticas. **Revista Engineering and Science (E&S)**, v.7, n.2, p.54-70, 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Ações para promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras**: no caminho da transição energética (Nota Técnica). Brasília: EPE, 2020. Disponível em: <http://energif.mec.gov.br/images/materiais/materiais23.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Dados Meteorológicos. Dados Históricos Anuais - Ano 2000.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/GraficosAnuais/A901>. Acesso em: 19 jul. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. Portaria nº 234, de 29 de junho de 2020. Aperfeiçoamento parcial dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar, estabelecendo o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), a reclassificação das categorias de eficiência energética e determinando outras providências para a disponibilização destes produtos no mercado nacional. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, n.124, p.99, 01 de julho 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de 2021. Aprova a Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) que aperfeiçoa os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), especificando os critérios e os métodos para a classificação de edificações comerciais, de serviços e públicas quanto à sua eficiência energética. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, n.45, p.44, 09 de março 2021a.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. Portaria nº 269, de 22 de junho de 2021. Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar - Consolidado. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, n.118, p.78, 25 de junho 2021b.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. **Eficiência Energética - Condicionadores de Ar Split Piso-Teto com Rotação Fixa Monofásicos - Critérios 2013.** Brasília: INMETRO, 2013. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/splitTeto.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.

LABEEE/CB3E/ELETOBRAS/PROCEL/MME. **Manual de aplicação da INI-C edificações comerciais, de serviços e públicas.** Versão 1, 2021. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual%20INI-C_JUN_V01.pdf. Acesso em: 25 jul. 2021.

LAMBERTS, R.; CLETO, L. T. Certificação de Sistemas PBE Edifica. *In: SEMINÁRIO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO E AR-CONDICIONADO. Anais [...].* São Paulo: ABRAVA, 2018. Disponível em: http://abrava.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Seminario-PBE-RAC-03-PBE-EDIFICA-Lamberts-e-Tomaz_compressed-1.pdf. Acesso em: 26 mar. 2021.

LATORRACA NETTO, A.; UGEDA JÚNIOR, J. C. O contexto ambiental e político da implantação do veículo leve sobre trilhos (VLT) na Cuiabá cidade verde: A retirada da vegetação do trecho para o projeto do VLT em Cuiabá, MT (2014). **Revista Contexto Geográfico**, v.4, n.8, p.27-44, 2020.

MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PIRANI, A.; CONNORS, S. L.; PÉAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, L.; GOMIS, M. I.; HUANG, M.; LEITZELL, K.; LONNOY, E.; MATTHEWS, J. B. R.; MAYCOCK, T. K.; WATERFIELD, T.; YELEKÇI, O.; YU, R.; ZHOU, B. (eds.). **IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

RORIZ, M. **Classificação de climas do Brasil - versão 3.0**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre: ANTAC, 2014. Disponível em: http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Roriz_2014.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil: 1970-2019**. São Paulo: Observatório do Clima, 2020. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf. Acesso em: 18 dez. 2021.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil: 1970-2019**. São Paulo: Observatório do Clima, 2021. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_9/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf. Acesso em: 24 dez. 2021.

TEOBALDO N. A. **A geografia do risco e da vulnerabilidade ao calor em espaços urbanos da zona tropical: o caso Cuiabá/MT**, 2019. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, 2019.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Report of the Conference of the Parties on its twenty-first Session: held in Paris from 30 November to 13 December 2015. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session**. FCCC/CP/2015/10/Add.1, 2016. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.